



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 198 51 180 C 1

51 Int. Cl.⁷:
C 23 C 18/16
C 23 C 18/36
C 25 D 21/22

21 Aktenzeichen: 198 51 180.9-45
22 Anmeldetag: 6. 11. 1998
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 20. 4. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
GUV Gesellschaft für umweltverträgliche
Verfahrensinnovation mbH i.K., 14513 Teltow, DE;
Hahnewald GmbH, 01189 Dresden, DE

74 Vertreter:
Kailuweit & Uhlemann, 01187 Dresden

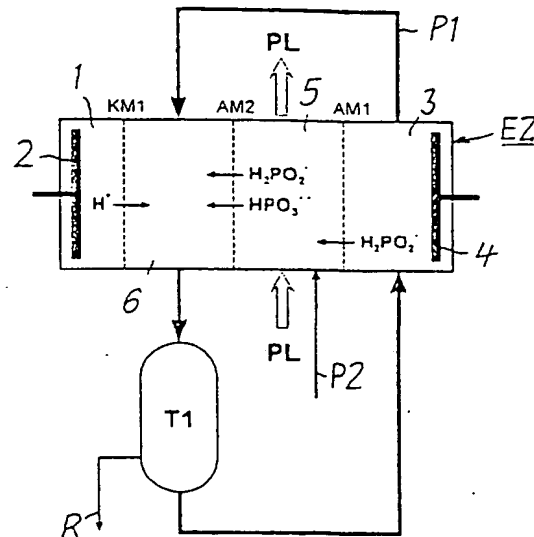
72 Erfinder:
Schwarz, Reinhard, Dr.rer.nat., 92224 Amberg, DE;
Fischwasser, Klaus, Prof. Dr.rer.nat.habil., 01326
Dresden, DE; Taubert, Annette, Dipl.-Ing. (FH),
15831 Mahlow, DE; Hahnewald, Dieter, Dipl.-Ing.,
01259 Dresden, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 43 10 366 C1
US 54 19 821

54 Verfahren zum Regenerieren einer Prozeßlösung

57 Es wird ein Verfahren zum Regenerieren einer Prozeß-
lösung angegeben, die bei der chemisch-reduktiven Ab-
scheidung von Metallschichten verwendet wird und Hypo-
phosphit sowie Orthophosphit enthält. Die Prozeßlösung
wird einer mindestens vier Kammern aufweisenden
Elektrodialysezelle (EZ) aufgegeben, die eine verdünnte
Säure enthaltende Anodenkammer (1) mit einer darin be-
findlichen Anode (2), eine Kathodenkammer (3) mit einer
darin befindlichen Kathode (4) sowie zwei weitere, durch
eine Anionenaustauscher-Membran (AM2) voneinander
getrennte und zwischen diesen beiden Kammern (5, 6)
angeordnete Kammern aufweist. Von den beiden Kam-
mern (5, 6) ist eine erste Kammer (5) durch eine Anionen-
austauscher-Membran (AM1) von der Kathodenkammer
(3) getrennt, während eine zweite Kammer (6) durch eine
Kationenaustauscher-Membran (KM1) von der Anoden-
kammer (1) getrennt ist. Die Prozeßlösung wird bei
Durchführung des Verfahrens der ersten Kammer (5) auf-
gegeben, wodurch die in ihr enthaltenen Hypophosphit-
ionen und Orthophosphit-Ionen elektrodialytisch in die
zweite Kammer (6) und gleichzeitig Hypophosphit-Ionen
aus der Kathodenkammer (3) in die Prozeßlösung trans-
portiert werden. Zur einfachen Entfernung des Ortho-
phosphits aus der Prozeßlösung wird das in der zweiten
Kammer (6) durch Zutritt von Protonen aus der Anoden-
kammer (1) gebildete Säuregemisch einem in der Hypo-
phosphit-Beladung befindlichen, schwachbasischen
Anionenaustauscher (T1) zugeführt, der mit seinem Aus-
laß an die Kathodenkammer ...



DE 198 51 180 C 1

DE 198 51 180 C 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Regenerieren einer Prozeßlösung, die bei der chemisch-reduktiven Abscheidung von Metallschichten verwendet wird und Hypophosphit sowie Orthophosphit enthält, bei welchem die Prozeßlösung einer mindestens vier Kammern aufweisenden Elektrodialysezelle aufgegeben wird, die eine verdünnte Säure enthaltende Anodenkammer mit einer darin befindlichen Anode, eine Kathodenkammer mit einer darin befindlichen Kathode sowie zwei weitere, durch eine Anionenaustauscher-Membran voneinander getrennte und zwischen diesen beiden Kammern angeordnete Kammern aufweist, von denen eine erste Kammer durch eine Anionenaustauscher-Membran von der Kathodenkammer getrennt ist, während eine zweite Kammer durch eine Kationenaustauscher-Membran von der Anodenkammer getrennt ist, bei welchem die Prozeßlösung bei Durchführung des Verfahrens der ersten Kammer aufgegeben wird, wodurch die in ihr enthaltenen Hypophosphit-Ionen und Orthophosphit-Ionen elektrodialytisch in die zweite Kammer und gleichzeitig Hypophosphit-Ionen aus der Kathodenkammer in die Prozeßlösung transportiert werden, und bei welchem regenerierte Prozeßlösung entnommen und einer weiteren Verwendung zugeführt wird (DE 43 10 366 C1 und US-A-5 419 821).

Bei der Oberflächenveredelung werden verstärkt Beschichtungsverfahren eingesetzt, bei denen in einer wäßrigen Lösung enthaltene NE-Metallionen mittels chemischer Reduktion auf Substratoberflächen aus Metall oder vorbehandeltem Kunststoff als NE-Metalle abgeschieden werden. Beschichtungsmetalle sind beispielsweise Kupfer, Nickel, Silber und Gold. Als Reduktionsmittel wird beispielsweise Hypophosphit verwendet. Da die chemisch-reduktive Nickelabscheidung ein in der Praxis häufig angewendetes Verfahren ist, beziehen sich die folgenden Ausführungen – stellvertretend für alle anderen verwendbaren Metalle – auf Nickel.

Bei der chemisch-reduktiven Abscheidung von Nickel wird das Reduktionsmittel Hypophosphit (H_2PO_2^-) verbraucht. Hingegen reichert sich das als Reaktionsprodukt gebildete oxidierte Reduktionsmittel Orthophosphit (HPO_3^{2-}) in der Prozeßlösung an. Durch Nebenreaktionen, wie die Reduktion von Hypophosphit zu elementarem Phosphor, der in die abgeschiedene Nickelschicht eingebaut wird, ergibt sich ein Verbrauch von etwa 3 mol Hypophosphit pro mol abgeschiedenem Nickel. Das hat zur Folge, daß die Hypophosphit-Konzentration in der Prozeßlösung abnimmt und durch Zugabe von Ergänzungsmitteln wieder angehoben werden muß. Die Konzentration an Orthophosphit dagegen steigt stetig an.

Mit steigender Konzentration destabilisiert das Orthophosphit die Prozeßlösung. Das führt zu einer rauen, ungleichmäßigen Nickelabscheidung und zu Ausfällungen in der Prozeßlösung. Daher kann die Prozeßlösung ab einer bestimmten Orthophosphit-Konzentration (Störgrenzkonzentration) nicht mehr zur stromlosen Vernickelung eingesetzt werden. Die nicht mehr nutzbare Prozeßlösung wird zum Teil verworfen und durch eine frische Prozeßlösung ersetzt. Abgearbeitete Prozeßlösungen werden derzeit durch eine aufwendige Neutralisationsfällung oder extern mit hohen Kosten entsorgt. Zur Verlängerung der Nutzungsdauer der Prozeßlösung sind aus der Literatur Verfahren bekannt, bei denen nur die störenden Komponenten zumindest teilweise aus der Prozeßlösung entfernt und die verbrauchten Komponenten – Nickelionen und Reduktionsmittel – nachdosiert werden. Trotzdem sind die Prozeßlösungen nach der Regeneration nur noch beschränkt einsatzfähig.

Bei dem bekannten Verfahren nach der eingangs erwähn-

ten DE 43 10 366 C1 wird zum Regenerieren der Prozeßlösung eine Elektrodialysezelle eingesetzt. Die Reduktion des bei der stromlosen Metallabscheidung gebildeten Orthophosphits soll im Kathodenraum der Elektrodialysezelle erfolgen. Wie die Praxis gezeigt hat, kann das Orthophosphit mit diesem Verfahren jedoch nicht kathodisch zu Hypophosphit reduziert werden, da sich im Regenerierkreislauf kontinuierlich Orthophosphit anreichert, bis die Störgrenzkonzentration der Prozeßlösung erreicht wird. Damit kann kein Orthophosphit mehr aus der abgearbeiteten Prozeßlösung entfernt werden. Erst nach einem Verwurf der Regenerierlösung und dem Einsatz einer frischen, orthophosphitfreien Regenerierlösung, wäre dieses Verfahren kurzzeitig – bis zur erneuten Einstellung des Gleichgewichts – wieder einsatzfähig.

Gemäß der ebenfalls eingangs erwähnten US-A-5 419 821 werden daher dem Regenerierkreislauf zur Entfernung des Orthophosphits Magnesium- oder Calciumhydroxid zugesetzt, um das Orthophosphit in Form von schwerlöslichen Salzen aus dem Regenerierkreislauf zu entfernen. Die durch den Abscheidvorgang verbrauchten Chemikalien (Nickelionen und Reduktionsmittel) sollen in Form von Nickelsulfat (Zugabe in die Prozeßlösung) und Phosphinsäure (Zugabe in den Katholyten) zugeführt werden, wobei das Sulfat durch Zusatz von Bariumhydroxid in den Katholyten als Bariumsulfat wieder ausgekreist werden soll. Durch den erforderlichen Verwurf der Regenerierlösung oder die Ausfällung des Orthophosphits in Form von schwerlöslichen Erdalkalisalzen werden durch die beiden beschriebenen Verfahren ein hoher Chemikalienbedarf und ein hohes Abfallaufkommen verursacht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das eingangs beschriebene Verfahren so weiterzubilden, daß das störende Orthophosphit auf einfache Weise aus der Prozeßlösung entfernt werden kann, so daß eine längere Nutzungsdauer derselben erreichbar ist.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß das in der zweiten Kammer durch Zutritt von Protonen aus der Anodenkammer gebildete Säuregemisch einem in der Hypophosphit-Beladung befindlichen, schwachbasischen Anionenaustauscher zugeführt wird, der mit seinem Auslaß an die Kathodenkammer angeschlossen ist.

Bei diesem Verfahren werden Elektrodialyse und Ionenaustausch in einfacher Arbeitsweise kombiniert, und zwar derart vorteilhaft, daß das Hypophosphit stöchiometrisch wieder in die Prozeßlösung eingeschleust werden kann, wodurch dieselbe voll funktionsfähig erhalten bleibt. Durch die Elektrodialyse wird das Orthophosphit in eine mineralische Lösung überführt, aus der es mittels des schwachbasischen Anionenaustauschers entfernt werden kann. Die Hypophosphit enthaltende, aus dem Ionenaustauscher austretende Lösung wird dem Kathodenraum der Elektrolysezelle aufgegeben, von wo es ohne störende Fremdionen elektrodialytisch durch die Anionenaustauscher-Membran in die Prozeßlösung zurückgeführt wird. Die von Orthophosphit abgereicherte Prozeßlösung kann dann direkt dem Verfahren zur chemisch-reduktiven Abscheidung von Nickel zugeführt werden. Die Stabilität und die Funktionsfähigkeit der regenerierten Prozeßlösung sind durch den äquimolaren Austausch von Orthophosphit gegen Hypophosphit gewährleistet.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Das Verfahren nach der Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnungen in Ausführungsbeispielen erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine für das Verfahren nach der Erfindung verwendbare Anordnung in schematischer Darstellung.

Fig. 2 und 3 zwei unterschiedliche, gegenüber Fig. 1 er-

gänzte Ausführungsformen der Anordnung.

Fig. 4 bis 6 gegenüber Fig. 1 abgewandelte Ausführungsformen der Anordnung.

Die in Fig. 1 dargestellte Elektrodialysezelle EZ besteht aus vier Kammern. Das sind eine Anodenkammer 1 mit der darin befindlichen Anode 2, die Kathodenkammer 3 mit der darin angeordneten Kathode 4 sowie zwei weitere Kammern, eine erste Kammer 5 und eine zweite Kammer 6, die sich zwischen der Anodenkammer 1 und der Kathodenkammer 3 befinden. Die Anode 2 besteht in unlöslicher Ausführung beispielsweise aus Stahl oder aus platinisiertem Titan-Streckmetall. Die Anodenkammer 1 enthält eine verdünnte Säure, vorzugsweise Schwefelsäure. Die Kathode 4 besteht beispielsweise aus Kupfer oder Stahl.

Die erste Kammer 5 ist vom Kathodenraum 3 durch eine Anionenaustauscher-Membran AM1 und von der zweiten Kammer 6 durch eine Anionenaustauscher-Membran AM2 getrennt. Zwischen der zweiten Kammer 6 und dem Anodenraum 1 befindet sich eine Kationenaustauscher-Membran KM1. An die zweite Kammer 6 ist ein schwachbasischer Anionenaustauscher T1 angeschlossen, der sich zu Beginn des Verfahrens ganz oder teilweise in der Hypophosphit-Beladung befindet. Der Auslaß des T1 ist mit der Kathodenkammer 3 verbunden.

Das Verfahren nach der Erfindung arbeitet mit einer Anordnung nach Fig. 1 beispielsweise wie folgt:

Die zu regenerierende Prozeßlösung PL wird in die erste Kammer 5 der EZ geleitet. Die in der PL enthaltenen Hypophosphit- und Orthophosphit-Ionen treten durch die AM2 hindurch und gelangen in die zweite Kammer 6, die von der KM1 zur Anode 2 begrenzt ist und in der sich eine verdünnte Säure befindet. Aus der Anodenkammer 1 gelangen Protonen, die durch Wasserzersetzung an der Anode 2 gebildet werden, in die zweite Kammer 6. Sie bilden zusammen mit den elektrodialytisch transportierten Anionen Hypophosphit und Orthophosphit die freien Säuren Hypophosphorsäure (Phosphinsäure, H_3PO_2) und Phosphorige Säure (Phosphonsäure, H_3PO_3). Durch die KM1 werden diese Anionen am Übertritt in die eine verdünnte Säure enthaltende Anodenkammer 1 gehindert. Die Säuremischung von Phosphinsäure und Phosphonsäure wird über den schwachbasischen T1 geleitet, der sich in der Hypophosphit-Beladung befindet.

Der T1 bindet die Orthophosphit-Ionen und gibt die Hypophosphit-Ionen in die Lösung ab. Die noch in der Lösung befindlichen Hypophosphit-Ionen werden vom T1 nicht gebunden. Der Ablauf des T1 wird in die Kathodenkammer 3 der EZ geleitet. Von dort werden die Hypophosphit-Ionen elektrodialytisch durch die AM1 in die PL transportiert. Sobald die Kapazität des T1 erschöpft ist, wird er beispielsweise mit Natronlauge regeneriert. Das Regenerat R des T1 enthält das gesamte Orthophosphit, das während des Verfahrensablaufs gebunden wurde. Für den erneuten Einsatz wird der T1 wieder in die Hypophosphit-Beladung überführt.

Durch eine durch den Pfeil P1 angedeutete Verbindung der Kathodenkammer 3 mit der zweiten Kammer 6, die durch die AM2 und die KM1 begrenzt ist, kann ein Regenerierkreislauf eingerichtet werden. Während des Verfahrensablaufs kann zur Nachdosierung von verbrauchtem Nickel beispielsweise Nickelhypophosphit verwendet werden, das gemäß dem Pfeil P2 in die erste Kammer 5, also in die PL, gegeben wird.

Zur Erhöhung des Durchsatzes kann die EZ durch weitere Kammern ergänzt werden. Das können gemäß Fig. 2 drei zusätzliche Kammern 7, 8 und 9 sein, die zwischen der ersten Kammer 5 und der Kathodenkammer 3 angeordnet werden. Die Kammer 7 hat darin eine kombinierte Funktion von Anodenkammer 1 einerseits (Abgabe von Protonen)

und Kathodenraum 3 andererseits (Transport von Hypophosphit in die PL). Sie ist von der ersten Kammer 5 durch eine Anionenaustauscher-Membran AM3 und von der Kammer 8 durch eine Kationenaustauscher-Membran KM2 getrennt, die funktionsmäßig der zweiten Kammer 6 entspricht. Analog dazu entspricht die Kammer 9 funktionsmäßig der ersten Kammer 5. Sie ist von der Kammer 8 durch eine Anionenaustauscher-Membran AM4 und von der Kathodenkammer 3 durch die AM1 getrennt.

Die PL wird sowohl der ersten Kammer 5 als auch der Kammer 9 aufgegeben. Das Säuregemisch der zweiten Kammer 6 und der Kammer 8 gelangt in den T1. Die Hypophosphit enthaltende Lösung wird in die Kathodenkammer 3 und in die Kammer 7 geleitet. Auch hier kann ein Regenerierkreislauf eingerichtet sein (Pfeil P1) und es kann Nickel nachdosiert werden (Pfeile P2).

Bei der Ausführungsform der Anordnung nach Fig. 3 ist zusätzlich ein schwachsaurer Kationenaustauscher T2 vorhanden, der mit seinem Einlaß mit dem Auslaß des T1 verbunden ist und mit seinem Auslaß in die erste Kammer 5 mündet. Bei dieser Ausführungsform ist berücksichtigt, daß die zu regenerierende PL an Nickel verarmt ist, da durch den chemisch-reduktiven Abscheidungsprozeß Nickelionen verbraucht werden. Durch den Einsatz des T2, der mit Nickel beladen ist, ist es möglich, Nickel ohne störende Fremdionen in die PL einzuführen. Das Verfahren läuft bei der Anordnung nach Fig. 3 grundsätzlich genauso ab, wie bei der nach Fig. 1. Es wird hier nur ein Teilstrom der aus dem T1 austretenden Lösung abgezweigt und über den T2 geführt. Dieser Teilstrom der Lösung entlädt den in der Nickelform befindlichen T2. Er wird direkt in die PL geleitet. Auf diese Weise werden der PL Nickelionen ohne störendes Anion wieder zugeführt. Nachdem das Nickel vollständig vom T2 entfernt wurde, wird derselbe mit Natronlauge in die Natrium-Form überführt und wieder mit Nickelionen beladen.

Bei den Ausführungsformen der Anordnung nach den Fig. 4 bis 7 ist berücksichtigt, daß der Anodenprozeß genutzt werden kann, um die bei der stromlosen Nickelabscheidung verbrauchten Nickelionen nachzudosieren.

Die EZ nach Fig. 4 ist gegenüber der nach Fig. 1 um eine weitere Kammer 10 ergänzt, die zwischen der Anodenkammer 1 und der zweiten Kammer 6 angeordnet ist. Sie ist von der zweiten Kammer 6 durch eine Kationenaustauscher-Membran KM3 getrennt, die nur für einwertige Kationen durchlässig ist. Als Anode 2 wird hier eine Nickelanode verwendet. Während des Verfahrens wird Nickel anodisch aufgelöst. Es gelangt elektrodialytisch in die PL. Die PL wird in die von der KM1 und der KM3 begrenzte Kammer 10 geleitet. Die nur für einwertige Kationen durchlässige KM3 ist erforderlich, damit keine Nickelionen in den Regenerierkreislauf zur Entfernung des Orthophosphits transportiert werden.

Aus der Anodenkammer 1 wandern Nickelionen in die PL. Sie gleichen das Defizit an Nickelionen aus, das durch die stromlose Nickelabscheidung entstanden ist. Gleichzeitig wandert eine äquivalente Menge an Protonen durch die KM3 aus der Kammer 10 in die zweite Kammer 6. Dadurch wird die bei der chemisch-reduktiven Nickelabscheidung gebildete Säuremenge wieder aus der PL entfernt. Die mit Nickelionen angereicherte PL wird anschließend entsprechend dem Pfeil P3 in die erste Kammer 5 geleitet, die von der AM 2 und der AM1 begrenzt ist. Angetrieben durch das elektrische Feld, wandern die Anionen (Hypophosphit und Orthophosphit) aus der ersten Kammer 5 in die zweite Kammer 6 und bilden dort zusammen mit den Protonen, die zuvor aus der Anodenkammer 1 und der weiteren Kammer 10 elektrodialytisch in die zweite Kammer 6 transportiert wurden, die entsprechenden freien Säuren. Der weitere Verfah-

rensablauf entspricht dem für Fig. 1 beschriebenen Verfahrensablauf. Die Nickelanode muß hier nach Verbrauch des Nickels ausgewechselt werden.

Gemäß Fig. 5 kann die anodische Nickelauflösung auch extern erfolgen. Die Nickelionen werden dann der Anodenkammer 1 aufgegeben. Das ist durch den Pfeil P4 angedeutet. Es kann dann weiter eine beispielsweise aus Stahl oder aus platinisiertem Titan-Streckmetall bestehende Anode 2 verwendet werden, so daß kein Anodenwechsel erforderlich ist. Der Aufbau der EZ nach Fig. 5 ist sonst identisch mit dem der EZ nach Fig. 4. Das gilt auch für den Verfahrensablauf.

Zur verbesserten Regelung der Nickelionenkonzentration und des pH-Wertes der PL kann dieselbe gemäß Fig. 6 der Kammer 10 auch nur in einem Teilstrom TL aufgegeben werden. Der aus der Kammer 10 austretende, mit Nickel angereicherte Teilstrom der PL wird mit der aus der ersten Kammer 5 austretenden, der weiteren Verwendung zuzuführenden PL vereinigt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Regenerieren einer Prozeßlösung, die bei der chemisch-reduktiven Abscheidung von Metallschichten verwendet wird und Hypophosphit sowie Orthophosphit enthält, bei welchem die Prozeßlösung einer mindestens vier Kammern aufweisenden Elektrodialysezelle aufgegeben wird, die eine verdünnte Säure enthaltende Anodenkammer mit einer darin befindlichen Anode, eine Kathodenkammer mit einer darin befindlichen Kathode sowie zwei weitere, durch eine Anionenaustauscher-Membran voneinander getrennte und zwischen diesen beiden Kammern angeordnete Kammern aufweist, von denen eine erste Kammer durch eine Anionenaustauscher-Membran von der Kathodenkammer getrennt ist, während eine zweite Kammer durch eine Kationenaustauscher-Membran von der Anodenkammer getrennt ist, bei welchem die Prozeßlösung bei Durchführung des Verfahrens der ersten Kammer aufgegeben wird, wodurch die in ihr enthaltenen Hypophosphit-Ionen und Orthophosphit-Ionen elektrodialytisch in die zweite Kammer und gleichzeitig Hypophosphit-Ionen aus der Kathodenkammer in die Prozeßlösung transportiert werden, und bei welchem regenerierte Prozeßlösung entnommen und einer weiteren Verwendung zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das in der zweiten Kammer (6) durch Zutritt von Protonen aus der Anodenkammer (1) gebildete Säuregemisch einem in der Hypophosphit-Beladung befindlichen, schwachbasischen Anionenaustauscher (T1) zugeführt wird, der mit seinem Auslaß an die Kathodenkammer (3) angeschlossen ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil der aus dem schwachbasischen Anionenaustauscher (T1) austretenden Lösung über einen schwachsauren Kationenaustauscher (T2) in die erste Kammer (5) der Elektrodialysezelle (EZ) geleitet wird, der mit Ionen des Beschichtungsmetalls vorbeladen ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß durch eine Verbindung (P1) der Kathodenkammer (3) mit der zweiten Kammer (6) ein Regenerierkreislauf gebildet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß Beschichtungsmetall zu dessen Nachdosierung der ersten Kammer (5) aufgegeben wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Anodenkammer

(1) und zweiter Kammer (6) eine weitere, von der zweiten Kammer (6) durch eine Kationenaustauscher-Membran (KM3) getrennte Kammer (10) angeordnet wird, in welche aus der Anodenkammer (1) austretende Ionen des Beschichtungsmetalls eingeleitet werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Prozeßlösung (PL) der weiteren Kammer (10) aufgegeben und von dort der ersten Kammer (5) zugeleitet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teilstrom (TL) der Prozeßlösung (PL) durch die weitere Kammer (10) geleitet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine unlösliche Anode (2) eingesetzt wird, die vorzugsweise aus Stahl oder platinisiertem Titan-Streckmetall besteht.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Anodenkammer (2) Ionen des Beschichtungsmetalls zugeführt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine lösliche, aus dem Beschichtungsmetall bestehende Anode (2) verwendet wird. 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß eine Elektrodialysezelle (EZ) mit einer Mehrfachanordnung der Kammern eingesetzt wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

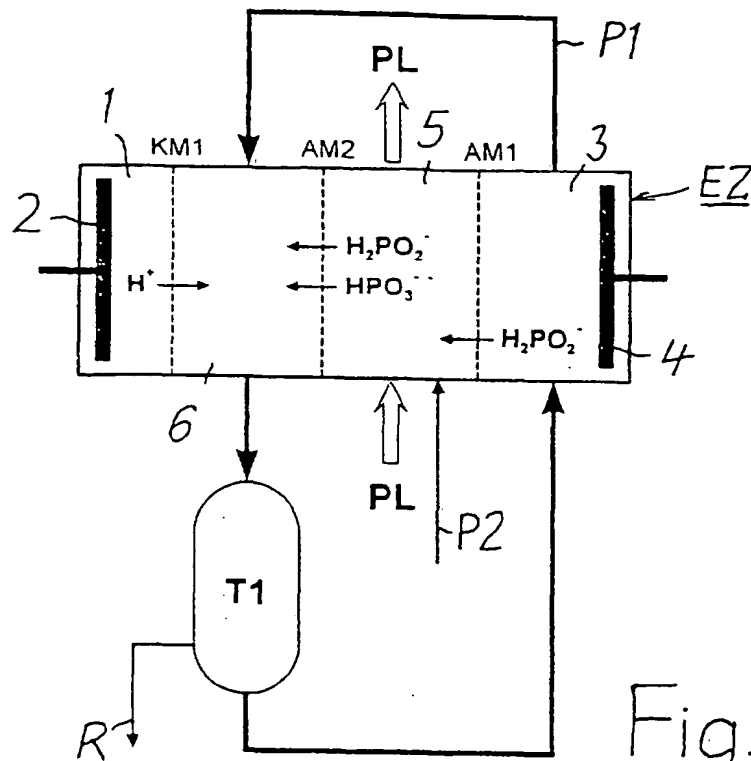


Fig. 1

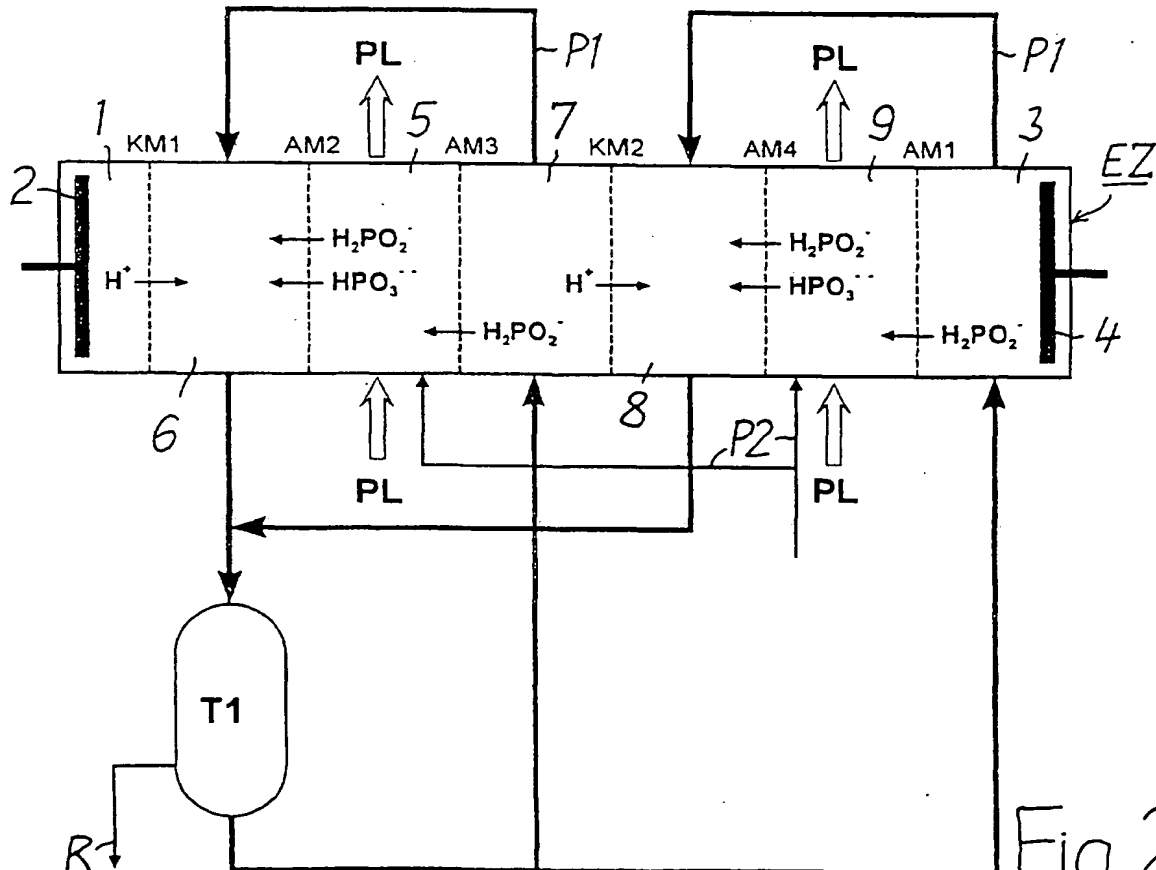


Fig. 2

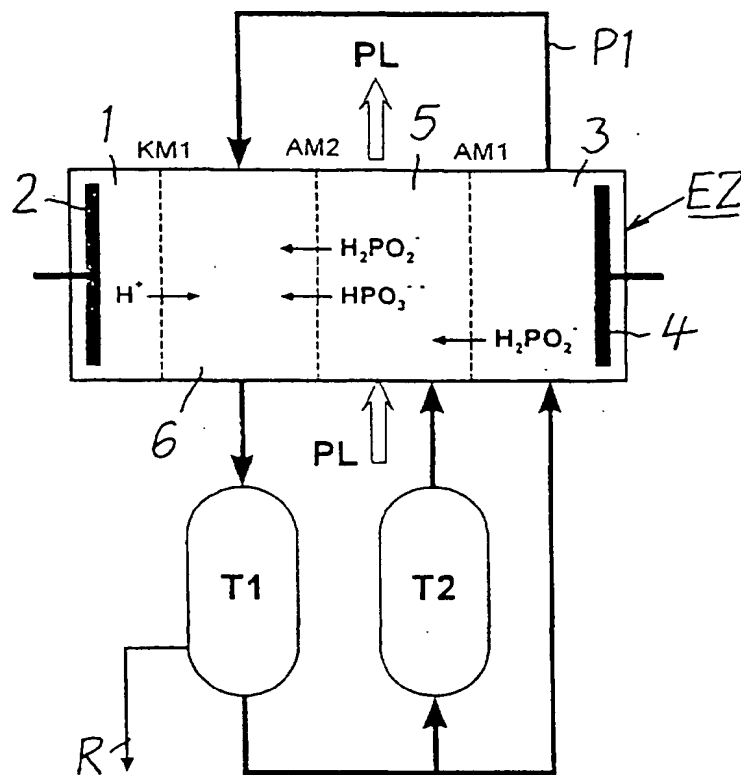
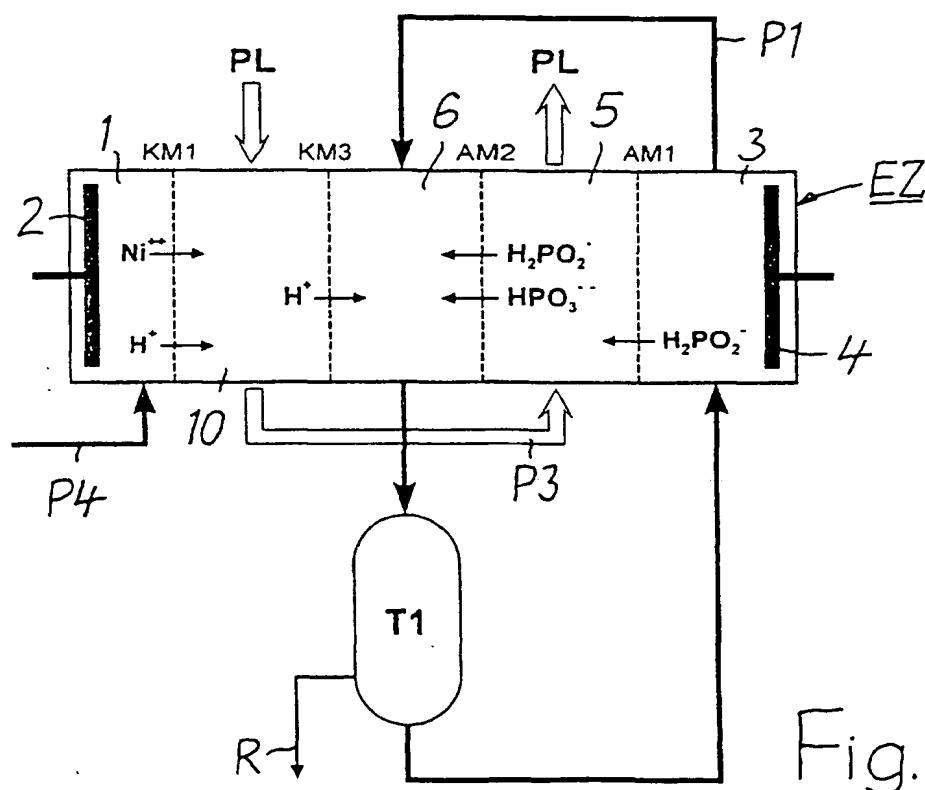
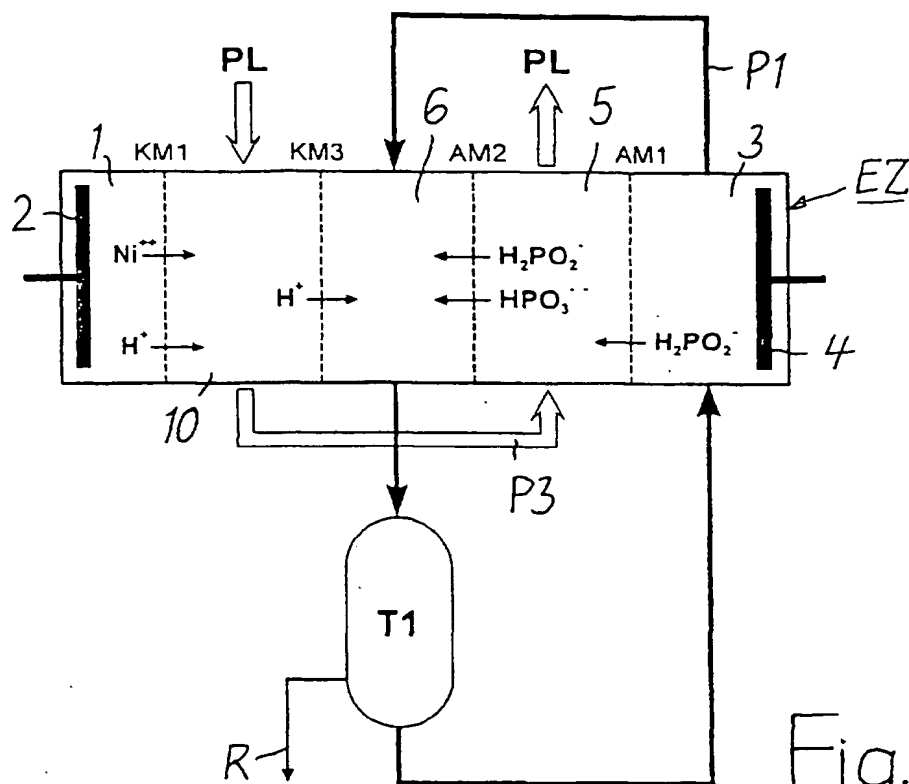


Fig. 3



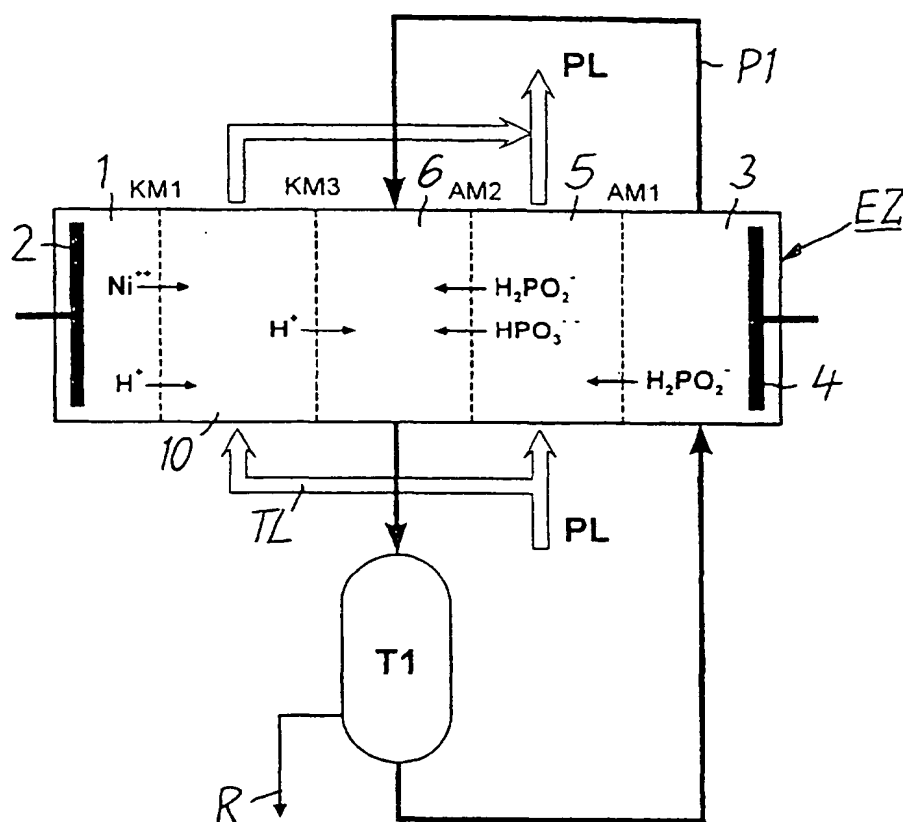


Fig. 6